

## **Erfassung und Bewertung von Veränderungen der Landschaft und ihrer Struktur – am Beispiel der Nationalparkregion Sächsisch-Böhmische Schweiz**

Ulrich Walz

### **Zielstellung**

Die Entwicklung eines Informationssystems, das in sensiblen Landschaftsregionen als Grundlage für Planung, Entwicklung und Monitoring dienen soll, stand im Vordergrund eines von der Europäischen Union geförderten Projekts zum Aufbau eines grenzüberschreitenden Nationalparkinformationssystems für die Sächsisch-Böhmische Schweiz (Csaplovics et al. 2000; Csaplovics, Walz 2001). Ein Teilbereich widmete sich der Analyse der zeitbezogenen Veränderung der Landschaft, d. h. der Änderung der Flächennutzung und ihrer Struktur in der Nationalparkregion über einen Zeitraum von etwa 200 Jahren hinweg.

Die Bewertung gegenwärtiger Landnutzungen im Hinblick auf deren Umweltverträglichkeit ist gerade in sensiblen Landschaftsregionen, beispielsweise in Nationalparkregionen, in den Kontext der historischen Landschaftsentwicklung zu stellen. Solche Untersuchungen zum Landschaftswandel können Veränderungen bilanzieren, Entwicklungstrends aufzeigen und auf diese Weise helfen, landschaftliche Leitbilder zu formulieren. Aus historischen Landnutzungsdaten lassen sich auch Rückschlüsse auf frühere Zustände des Landschaftshaushalts ableiten (Bork et al. 1998).

In einem Projekt des Instituts für ökologische Raumentwicklung e. V. (IÖR) zur langfristigen Analyse von Flächennutzungsänderungen wird diese Thematik vertieft untersucht. Dabei geht es primär um die Erfassung, Darstellung und Bewertung des Landschaftswandels durch Flächennutzungsänderungen und ihrer Auswirkungen auf die Umwelt. Durch die sehr enge methodische Verzahnung zwischen Fernerkundung, Geoinformatik-, landscape metrics- und umweltwissenschaftlichen Bewertungsansätzen gelingt es, Bewertungen der zeitbezogenen Strukturveränderungen in einem Landschaftsraum vorzunehmen und diese Veränderungen den verschiedenen, kumulativ zusammenwirkenden Verursachern zuzuordnen.

## Nationalparkinformationssystem

Neben die „klassischen“ Tätigkeiten einer Großschutzgebietsverwaltung, wie den Arten- und Biotopschutz, die Pflege- und Entwicklungsplanung, die Naturschutz-wacht und die Besucherbetreuung, treten zunehmend erweiterte Ziele und Aufga-ben des ökologischen Monitorings, der nachhaltigen Landnutzung, des Tourismus und der Regionalentwicklung (Leibenath 2001, 31 f.). Zur Bewältigung dieses immer breiter werdenden Arbeitsspektrums sind räumliche Informationen aller Art nötig, die effektiv gespeichert, fortgeführt, ausgewertet und visualisiert werden müssen. Insbesondere langfristige Aufgaben, wie das Monitoring von Pflanzen- und Tierar-ten, aber auch der Bedarf an homogenen Grunddaten für die Ableitung fachlicher Entwicklungsziele legen den Aufbau eines Geographischen Informationssystems nahe (Hoffmann 2000, 22).

Landschaftsbezogene GIS bieten für die Pflege und Entwicklung von Großschutzge-bieten vielfältige Möglichkeiten. So können etwa Belastungen durch Landwirtschaft, Tourismus oder Verkehr wiedergegeben und simuliert werden. Ein solches GIS kann die zentrale Grundlage für die Erfassung, Verwaltung, Analyse und Präsentation der in unterschiedlichen Fachbereichen gesammelten Daten über die jeweilige Schutz-gebietsregion bilden. Es ermöglicht die Verarbeitung, Analyse und Präsentation ei-ner Vielzahl von unterschiedlichen räumlich-thematischen Informationen in komple-xer Weise. Mithilfe von GIS wird es möglich, statistische und strukturelle Aussagen zur Entwicklung der freiraumbezogenen Flächennutzung auf effiziente Weise zu ge-winnen. Die Entwicklung eines GIS-gestützten Landschaftsmonitorings schließlich er-möglicht es, langfristige Trends in der Entwicklung der Flächennutzung und ihrer umweltrelevanten Auswirkungen zu erkennen. Typische Inhalte und Aufgaben eines solchen Systems sind daher

- die Erfassung, Verwaltung und Laufendhaltung eines raumbezogenen homoge-nen Grunddatenbestands als möglichst vollständige, einheitliche Datenbasis zu planungsrelevanten ökologischen und sozioökonomischen Grundlagen;
- die Erfassung, Verwaltung und Laufendhaltung einer Metadatenbank zur ein-heitlichen, nachvollziehbaren Dokumentation von Inhalt, Herkunft, Qualität und Aktualität der Datenbestände;
- die Durchführung von Landschaftsanalysen und -bewertungen und die Model-lierung von Landschaftshaushaltsprozessen;
- Prognose- und Managementfunktionen für die Raum- und Entwicklungspla-nung.

Bei den Untersuchungen in der Nationalparkregion Sächsisch-Böhmische Schweiz sollen nicht alleine die baulichen Änderungen durch Siedlungen und Infrastruktur betrachtet werden, sondern auch die mit der Datenbasis erfassbaren Veränderungen der land- und forstwirtschaftlichen Flächen einschließlich der strukturellen Intensivie-

rung auf den Flächen (flächendeckender Ansatz). Eine wichtige Rolle spielt dabei die Entwicklung von Indikatoren zum Landschaftsmonitoring, insbesondere zu Nutzung und Struktur der Freiräume sowie der Landschaftszerschneidung und dem Landschaftsbild. Bei der Anwendung der Indikatoren werden einerseits die zeitbezogenen Veränderungen der landschaftlichen Vielfalt als auch die Beiträge von sektoralen Nutzungsartengruppen (Verursacher: z. B. Siedlungen, Infrastruktur, Land- und Forstwirtschaft) thematisiert.

### Untersuchungsgebiet

Als Untersuchungsraum für die Analyse der historischen Landschaftsentwicklung wurde ein Teilbereich der Nationalparkregion Sächsische Schweiz ausgewählt, da hier eine anerkannt hohe Sensibilität gegenüber Eingriffen besteht, diese Region gleichzeitig aber einem hohen Nutzungsdruck insbesondere durch Erholungsnutzung und Siedlungsdruck ausgesetzt ist. Für die genannten Fragestellungen eignet sie sich in hohem Maße, da hier eine enge Verzahnung von naturbetonten Flächen (eigentlicher Nationalpark) mit intensiv genutzten Flächen für Siedlung, Infrastruktur, Landwirtschaft und Erholung im umgebenden Landschaftsschutzgebiet gegeben ist.

Aufgrund ihrer Attraktivität wurde die Sächsische Schweiz frühzeitig zu einem beliebten Wander-, Kletter- und Erholungsgebiet. Bereits seit 200 Jahren wird die Sächsisch-Böhmische Schweiz touristisch und seit fast 130 Jahren bergsportlich genutzt (Nationalparkverwaltung 1998). Die Lage am Rande des Ballungsraums Dresden führt zu einem Nutzungsdruck durch den Ausbau der Wohn- und Gewerbegebiete sowie eine hohe Zahl von Gästen zur Tageserholung, die wiederum einen Ausbau der Verkehrsinfrastruktur zur Folge hat. Der sensible Landschaftsraum ist und war daher vielfältigen Belastungen ausgesetzt. Besondere Nutzungskonflikte werden heute nicht nur durch Land- und Forstwirtschaft ausgelöst, sondern in großem Maße auch durch Touristen (Abb. 1).



Abb. 1:  
Besucherandrang in der  
Sächsischen Schweiz  
(Foto: Walz)

Für dieses Gebiet sind sowohl retrospektive als auch künftig schleichende Einwirkungen auf die Landschaftsstruktur durch die Nähe des Verdichtungsraums zu erwarten.

### Arbeitsschritte

Die Untersuchungen zum Landschaftswandel gliedern sich in vier aufeinander aufbauende Bereiche: Im ersten Arbeitsschritt geht es vorwiegend um die Entwicklung geeigneter Technologien zur Datenerhebung. Dazu gehören die Recherche und das Quellenstudium relevanter historischer Kartenwerke, die Entwicklung und Erprobung geeigneter Methoden zur Georeferenzierung dieser Karten, die Weiterentwicklung der Flächenerhebungsmethodik und geeigneter Nomenklaturen sowie die Erstellung digitaler Vektordatensätze.

Im zweiten Schritt geht es um die zunächst wertneutrale Analyse der erhobenen Daten. Neben reinen Flächenbilanzen sind strukturelle Kennwerte zum Siedlungsmuster und zur Landschaftsstruktur heranzuziehen. Durch die multitemporale Erhebung wird es möglich, auch die Entwicklungsdynamik zu analysieren. Ein wichtiges Ziel in diesem Arbeitsschritt stellt die Indikatorenentwicklung und -erprobung dar.

Der dritte Schritt befasst sich mit der Bewertung hinsichtlich der Umweltauswirkungen der festgestellten Flächennutzungsänderungen. Hierbei werden für bestimmte Schutzgüter spezifische Bewertungsmethoden ausgewählt und weiterentwickelt.

Im vierten Arbeitsschritt geht es um die Visualisierung der komplexen mehrdimensionalen Analyseergebnisse einschließlich der interaktiven Erlebbarkeit im Internet.

### Methoden zur Erfassung und Fortführung von Flächennutzungsdaten

Zur Erfassung des Landschaftswandels durch veränderte Flächennutzungen sind geeignete und vor allem vergleichbare Datengrundlagen aufzubereiten und fortzuführen. Mit Satellitendaten stehen heute großräumige, aktuelle Informationen zur Oberflächenbedeckung zur Verfügung. Die Entwicklung der letzten Jahre hat hier zu hochauflösenden Bilddaten geführt, welche an die Qualität von Luftbildern heranreichen.

Für die retrospektive Auswertung in näherer Vergangenheit bieten sich Ortho-Luftbilder sowie Daten der amerikanischen CORONA-Satelliten aus den 1950er und 1960er Jahren an. Weiterhin besteht ab etwa 1900 mit den topographischen Karten der Messtischblätter eine sehr gute Informationslage. Mit den „Sächsischen Meilenblättern“, die zu den ersten flächendeckenden Landesaufnahmen im damaligen Sachsen zählen, reichen die Informationen bis in das 18. Jahrhundert. Sie wurden ebenfalls ausgewertet. Auf eine detaillierte Darstellung der Kartengrundla-

gen soll hier verzichtet werden. Übersichten über in Sachsen vorhandene historische Kartenwerke und Kartierzeiträume gibt beispielsweise Witschas (2002).

Durch die Integration von historischen und aktuellen Landnutzungsdaten in ein Geographisches Informationssystem wird es möglich, statistische und strukturelle Aussagen zur Entwicklung der Flächennutzung auf effiziente Weise zu gewinnen.

### **Analyse der Landschaftsentwicklung**

Voraussetzung für die Anwendung von GIS-Methoden ist die Bereitstellung der Karten in digitaler und georeferenzierter Form. Die erste Bearbeitungsstufe umfasst daher die Aufbereitung der analog vorliegenden Kartenwerke durch Scannen, Georeferenzieren und Zusammenfügen der einzelnen Blätter. Für das gesamte Gebiet der Sächsischen Schweiz wurden zunächst für die Zeitschnitte 1780 (Sächsische Meilenblätter), 1880 (Äquidistantenkarten) sowie 1900 und 1940 (Messtischblätter) flächendeckende Mosaik aus den einzelnen Kartenblättern hergestellt und georeferenziert.

Bei der Auswertung ist ihr Generalisierungsgrad unbedingt zu berücksichtigen. Die unterschiedlichen technischen Möglichkeiten der Kartenaufnahme und -herstellung bedingen weiterhin veränderte Klassifizierungskriterien und geometrische Genauigkeiten der einzelnen Kartenwerke. Eine Analyse von Flächeninformationen in historischen und aktuellen Karten setzt daher die Erarbeitung einer gemeinsamen Legende für alle betrachteten Zeitschnitte voraus (Walz et al. 2001).

Der nächste Schritt ist das Herstellen von digitalen Landnutzungskarten als Vektorgeometrie für die einzelnen Zeitschnitte (Abb. 2). Dazu erfolgt – ausgehend von einer aktuellen Geodatenbasis – das Editieren der Linien- und Flächenobjekte zeitlich schrittweise rückwärts (Neubert, Walz 2000). Als aktueller Geodatenbestand werden Daten des Amtlich Topographisch-Kartographischen Informationssystems (ATKIS – DLM 25) verwendet, die durch einzelne Informationen aus der landesweit digital vorliegenden Biotop- und Landnutzungskartierung 1992/93 (auf der Basis von Color-Infrarot-Luftbildern) (LfUG 2000) ergänzt wurden. Bei diesem Vorgehen werden der jeweils zu bearbeitende Vektordatensatz mit dem zeitlich vorhergehenden gescannten und georeferenzierten Kartenblatt verglichen und Veränderungen am Bildschirm editiert.

### **Bewertung des Landschaftswandels**

Die erzeugten Flächennutzungsdaten der einzelnen Zeitstände können in die Datenbasis von Umwelt- und Rauminformationssystemen, z. B. der Landesplanung oder des Naturschutzes, eingebunden und mit anderen Geodaten vergleichbaren Erfas-

sungsmaßstabs (beispielsweise digitalen Regional-, Flächennutzungs- oder Landschaftsplänen) verschnitten werden. Auf diese Weise wird es zum Beispiel möglich, Biotopverbundplanungen oder Planungen für Aufforstungsvorhaben und Landschaftspläne mit den historischen Daten zu korrelieren und Analysen durchzuführen (Walz et al. 2001).

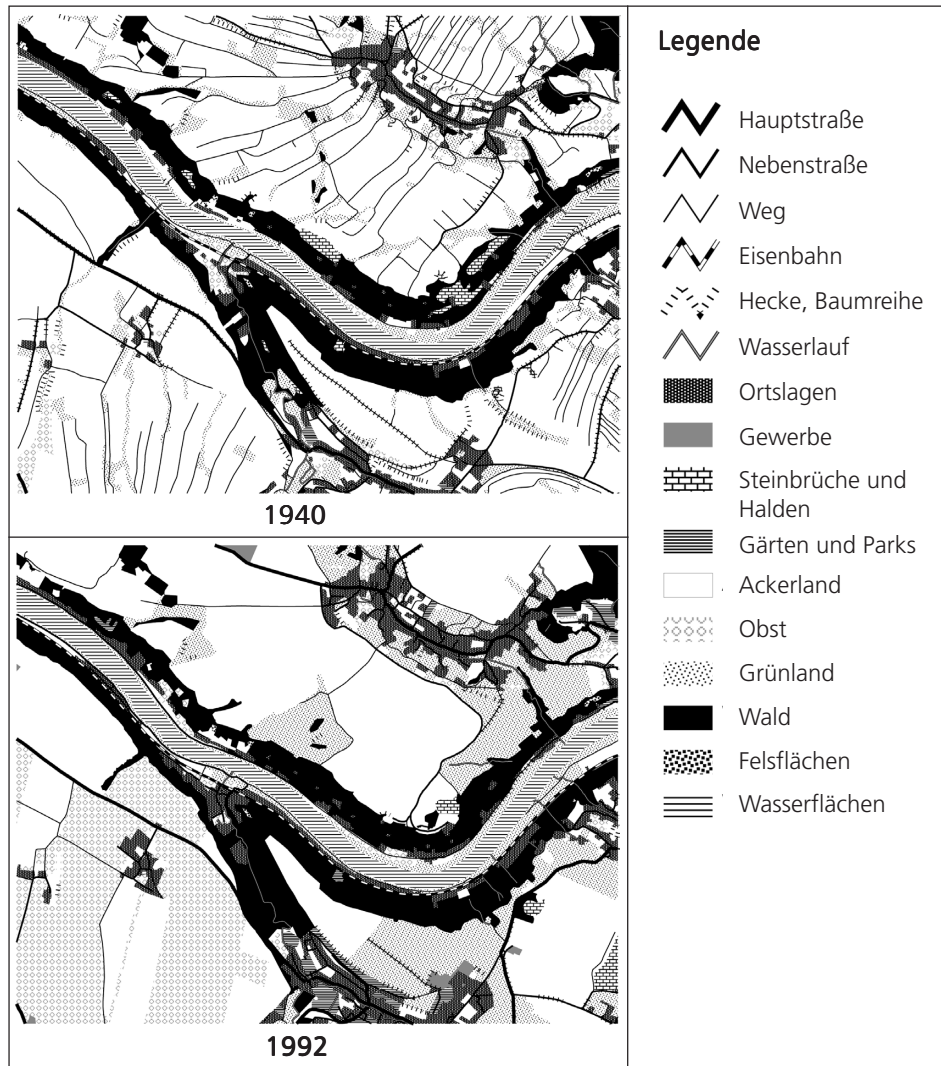


Abb. 2: Landschaftsveränderung in einem Teilbereich der Sächsischen Schweiz  
(Bearbeitung: IÖR)

Die digitale, geographisch referenzierte Aufbereitung der Flächennutzungsänderungen ermöglicht eine Reihe von Analysen, die in analoger Arbeitsweise kaum oder nicht durchführbar wären. Dazu gehören beispielsweise

- zeitschnittbezogene Flächen- und Längenstatistiken der Nutzungsarten;
- Quantifizierung struktureller Veränderungen der Landschaft;
- Zusammenhänge zwischen Landschaftswandel und natürlichen oder anthropogenen Faktoren;
- Zusammenhänge zwischen Landschaftswandel und Funktionen des Landschaftshaushalts;
- flächenkonkrete Ermittlung der Nutzungsänderungen über die Zeit.

Durch die digitale Aufbereitung der zu den verschiedenen Kartenwerken gehörigen Datenebenen können diese sowohl visuell als auch statistisch im Sinne der **Zusammensetzung der Flächennutzung** ausgewertet werden. Es konnten Statistiken zur Entwicklung von Längen- und Flächenanteilen bestimmter Nutzungsarten abgeleitet und damit Interpretationen der Landschaftsentwicklung mit konkreten Zahlen belegt werden. Die zeitliche Veränderung einzelner Nutzungen ist damit anschaulich darstellbar sowie bilanzierbar. Besonderes Interesse gilt in diesem Zusammenhang den Flächenobjekten ohne Nutzungsänderung (Hinweis auf alte, wertvolle Biotope bzw. Ökosysteme) oder Objekten mit ehemaligen Nutzungsarten, wie Wald (potenzielle Ausgleichsflächen).

Neben der Entwicklung der Landnutzung an sich ist die **Veränderung der Nutzungsstrukturen** besonders interessant. Die „Struktur“ oder das „Muster“ einer Landschaft wird als die räumliche Anordnung der einzelnen Nutzungseinheiten in Größe, Form und Lage zueinander verstanden (Walz 2001). Für eine Bewertung des Landnutzungswandels ist es nicht nur wichtig, die Veränderung der Flächenanteile bestimmter Flächennutzungen bzw. Biotoptypen zu verfolgen, sondern es ist vielmehr von erheblicher Bedeutung, auch strukturelle Kenngrößen zu Lage, Form und Nachbarschaftsbeziehungen der einzelnen Landschaftselemente zu berücksichtigen, da eine enge Korrelation zu Funktionen des Landschaftshaushalts besteht (z. B. zum Wasser- und Stoffhaushalt). Reine Auswertungen zu Flächenanteilen sagen dagegen wenig über die möglichen funktionalen Beziehungen im abiotischen und biotischen Landschaftshaushalt aus. So haben Veränderungen der Landschaftsstruktur auch Auswirkungen auf die Habitateignung für bestimmte Tierarten. Durch die digitale Aufbereitung wird eine quantifizierte Auswertung der strukturellen Veränderungen über Landschaftsmaße möglich. Mithilfe von GIS bzw. entsprechender Geostatistik-Software (Mc Garigal, Marks 1994) sind zahlreiche Parameter zur Charakterisierung der Landschaftsstruktur ableitbar (Walz 2001; Walz, Schumacher 2002). Wichtige derartige Parameter können z. B. die Fragmentierung der Landschaft, die Diversität, der Isolationsgrad oder der Zerschneidungsgrad sein.

Die Ergebnisse zeigen, dass gerade die Auswertungen zur Landschaftsstruktur sehr viel besser die Landschaftsveränderungen widerspiegeln als die alleinige Angabe von Flächenanteilen (Berger 2003). So fällt beispielsweise beim Grünland auf, dass bei



nur geringen unterschiedlichen Gesamtanteilen an der Flächennutzung heute ein völlig anderes Verteilungs- und Größenmuster der Einzelflächen vorhanden ist. Während um 1940 vorwiegend Senken und Hangbereiche kleinräumig verteilt als Grünland genutzt wurden, nimmt die heutige Grünlandnutzung in Form großer Nutzungseinheiten kaum Rücksicht auf naturräumliche Gegebenheiten.

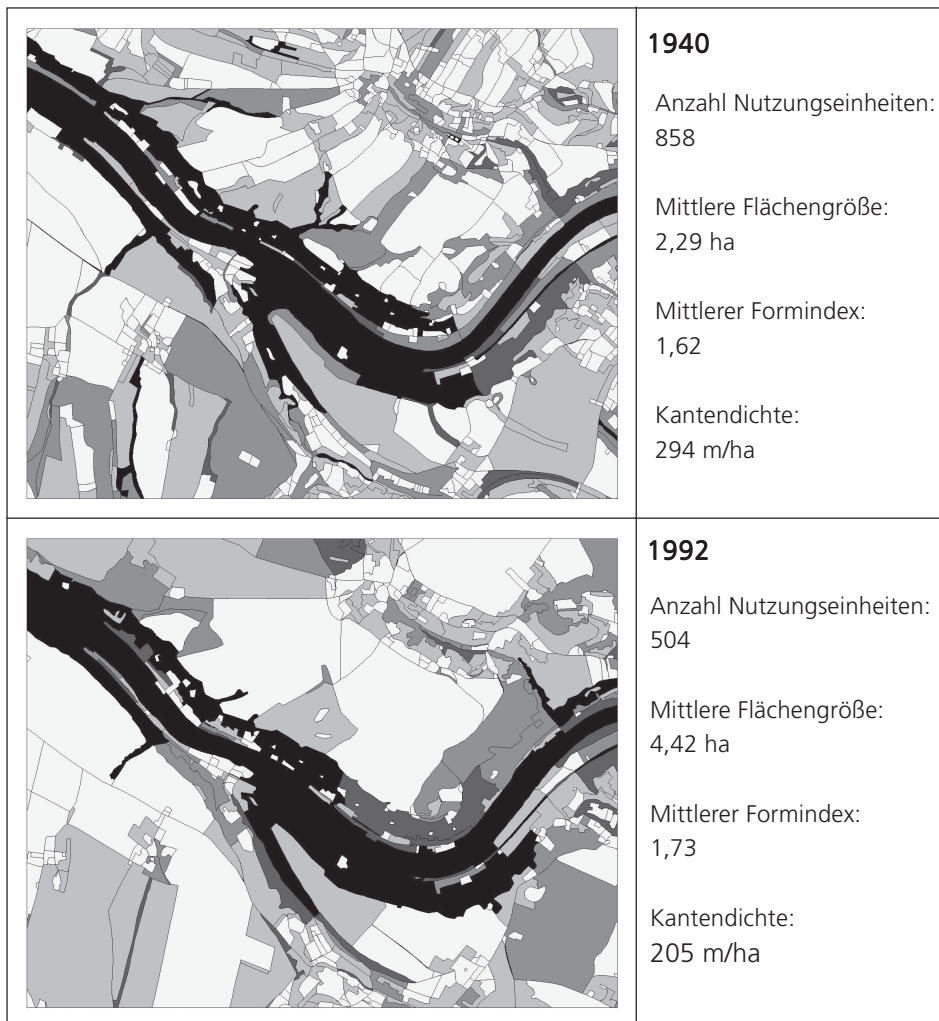


Abb. 3: Landschaftsmaße: Je dunkler die Farbe, desto höher die Formkomplexität  
(Bearbeitung: IÖR)

In einem weiteren Schritt werden Landschaftsmaße als Indikatoren zur Analyse und Bewertung der landschaftlichen Vielfalt ausgewählt bzw. entwickelt. Die angestrebten Indikatoren sollen sowohl der Messung der landschaftlichen Struktur (Nutzung,



Form, Verteilung, ggf. Textur) als auch ihrer naturschutzfachlichen Bewertung (Zuordenbarkeit von Bewertungsmaßstäben) dienen. Dabei sollen neben baulichen Änderungen durch Siedlungen und Infrastruktur auch die mit der Datenbasis erfassbaren Veränderungen der land- und forstwirtschaftlichen Flächen – einschließlich der strukturellen Intensivierung (z. B. Zusammenlegung, Rodung von Feldgehölzen) auf den Flächen – in einem flächendeckenden Ansatz betrachtet werden.

### **Schlussfolgerungen und Ausblick**

Das rechtzeitige Erkennen von quantitativen und qualitativen Veränderungen umweltrelevanter Prozesse ist zur Steuerung zukünftiger Entwicklung gerade in sensiblen Landschaftsregionen, aber auch darüber hinaus notwendig. Deshalb wird die langzeitorientierte Erfassung und Analyse von Flächennutzungsänderungen für ein raumwissenschaftliches Monitoring generell und für ein Informationssystem (wie bei den Großschutzgebieten) im Speziellen als wichtige Forschungsaufgabe angesehen. Durch regelmäßige Bereitstellung von Indikatorwerten werden eine Dauerbeobachtung raum- und umweltrelevanter Prozesse sowie eine Verifizierung eingeleiteter Maßnahmen möglich.

Die erarbeiteten multitemporalen Flächennutzungsmuster sind die Grundlage für

- eine langzeitorientierte Erfassung von Flächennutzungsänderungen (Zeitreihen);
- regelmäßig erfassbare Indikatoren als Bausteine für ein raumwissenschaftliches Monitoring;
- die Beschreibung des Veränderungsprozesses und seiner Effekte auf ausgewählte Umweltressourcen.

Die Arbeiten zur Landschaftsentwicklung haben bisher gezeigt, dass es durchaus möglich ist, den Wandel der Flächennutzung über einen Zeitraum von etwa 200 Jahren mit der notwendigen Genauigkeit (flächenkonkret) nachzuvollziehen und digital aufzubereiten. Die Einbeziehung mittelmaßstäbiger historischer Kartenwerke Sachsens in ein Nationalparkinformationssystem ist – angefangen bei den Meilenblättern ab 1780 – möglich und sinnvoll. Dies bildet die Grundlage für eine quantitative Analyse der Landnutzungsentwicklung in der Nationalparkregion. Die Zustandsdarstellung für alle Zeitschnitte mit einheitlicher Legende ermöglicht einen raschen visuellen Vergleich. Geeignete Strukturparameter können der funktionell orientierten Bewertung der Landschaft dienen.

Neben der Entwicklung der Landschaftsnutzung an sich ist die Veränderung der Nutzungsstrukturen, d. h. die Gliederung der Landschaft in unterschiedlich große und unterschiedlich geformte einzelne Nutzungselemente, von besonderer Bedeutung. Hier zeigt der historisch-quantitative Vergleich, dass die Landschaft zu den

zurückliegenden Zeitschnitten eine stärkere Gliederung mit kleineren und unregelmäßiger geformten Nutzungseinheiten aufwies, die an die jeweiligen naturräumlichen Gegebenheiten wesentlich besser angepasst waren.

## Literatur

- Berger, A. (2003): Langzeitmonitoring einer Landschaft mittels GIS-Landschaftswandel und Erholungswert. Dipl.-Arb. TU Dresden, 105 S. u. Anhang.
- Bork, H.-R.; Bork, H.; Dalchow, C.; Faust, B.; Piorr, H.-P.; Schatz, T. (1998): Landschaftsentwicklung in Mitteleuropa. Gotha und Stuttgart, 328 S.
- Csaplovics, E.; Kautz, A.; Wagenknecht, S.; Trommler, M. (2000): Aufbau eines raumbezogenen Informationssystems zur nachhaltigen Entwicklung der grenzüberschreitenden Nationalparkregion Sächsisch-Böhmische Schweiz. In: Wiss. Z. Techn. Univers. Dresden 49(2000) Heft 6, 99-103.
- Csaplovics, E.; Walz, U. (2001): Spatial Information Systems for National Park regions (NPIS) in the Central European Space (CES) – GIS-concepts for monitoring and managing national park regions. In: Mander, Ü.; Printsmann, A.; Palang, H. (Eds.): Development of European Landscapes. Publicationes Institutis Geographici Universitatis Tartuensis, 92. Tartu, 433-437.
- Hoffmann, C. (2000): Im grünen Bereich. Bestandsaufnahme im Bayerischen Wald. In: GeoBIT 5/2000, 22-24.
- Leibenath, M. (2001): Entwicklung von Nationalparkregionen durch Regionalmarketing. Europäische Hochschulschriften, V/2732. Frankfurt/M, 244 S.
- Mc Garigal, K.; Marks, B. J. (1994): FRAGSTATS. Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure (Version 2.0). Corvallis, 67 S.
- Nationalparkverwaltung Sächsische Schweiz (Hrsg.) (1998): Sächsische Schweiz. Landeskundliche Abhandlung. Bad Schandau, 279 S. und Kartenband.
- Neubert, M.; Walz, U. (2002): Auswertung historischer Kartenwerke für ein Landschaftsmonitoring. In: Strobl, J.; Blaschke, T.; Griesebner, G. (Hrsg.): Angewandte Geographische Informationsverarbeitung XIV – Beiträge zum AGIT-Symposium. Heidelberg, 397-402.
- Walz, U. (2001): Charakterisierung der Landschaftsstruktur mit Methoden der Satelliten-Fernerkundung und der Geoinformatik. Berlin, 204 S.

- Walz, U.; Neubert, M.; Schumacher, U.; Witschas, S. (2001): Ableitung naturschutzfachlich relevanter Flächeninformationen aus historischen Kartenwerken. In: Beierkuhnlein et al. (2001): Landschaften als Lebensraum. Analyse – Bewertung – Planung – Management. Tagungsband mit Kurzfassungen der Beiträge zur 2. Jahrestagung der IALE-Region Deutschland. Oldenburg, 103.
- Walz, U.; Schumacher, U. (2002): Flächennutzungsinformationen aus historischen Kartenwerken für die Freiraumentwicklung in Sachsen. In: Wollkopf, H. F. (Hrsg.): Historische Landnutzung im thüringisch-sächsisch-anhaltinischen Raum. Halle (im Druck).
- Witschas, S. (2002): Erinnerung an die Zukunft – sächsische historische Kartenwerke zeigen den Landschaftswandel. In: Kartographische Nachrichten 52(3), 111-117.